



Departament d'Enginyeria  
Agroalimentària i Biotecnologia

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



COLOMBIA  
**CIBIAVII**  
Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos

# CONCENTRACIÓN DE ZUMO DE NARANJA EN UN CRIOCONCENTRADOR DE PLACAS

## CONCENTRATION OF ORANGE JUICE IN A MULTI- PLATE CRYOCONCENTRATOR

**E. Hernández**

Bogotá

Septiembre 2009



# ¿Cómo concentrar?

<b>Evaporación</b>	<b>Membranas</b>	<b>Crioconcentración</b>
Pérdida de volátiles	Paradas en el proceso para la reposición de membranas	Sin pérdidas organolépticas, ni nutricionales
Menor calidad organoléptica del producto	Crecimiento microbiológico en periodos largos de filtración	Mayor vida útil del alimento
Reacciones químicas	Difíciles protocolos de limpieza	Fácil manejo y limpieza del equipo(?)



## OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1. Estudiar el proceso de crioconcentración de zumo de naranja utilizando un crioconcentrador de placas a escala piloto, analizando la variación en el tiempo del contenido en sólidos solubles medidos como °Brix en el zumo a concentrar y en el hielo producido durante el proceso.
2. Comparar los resultados obtenidos con ensayos previos de soluciones azucaradas.



## Mecanismo básico de la crioconcentración

Consiste en congelar una solución y separar el agua de esa solución en forma de cristales de hielo puro.

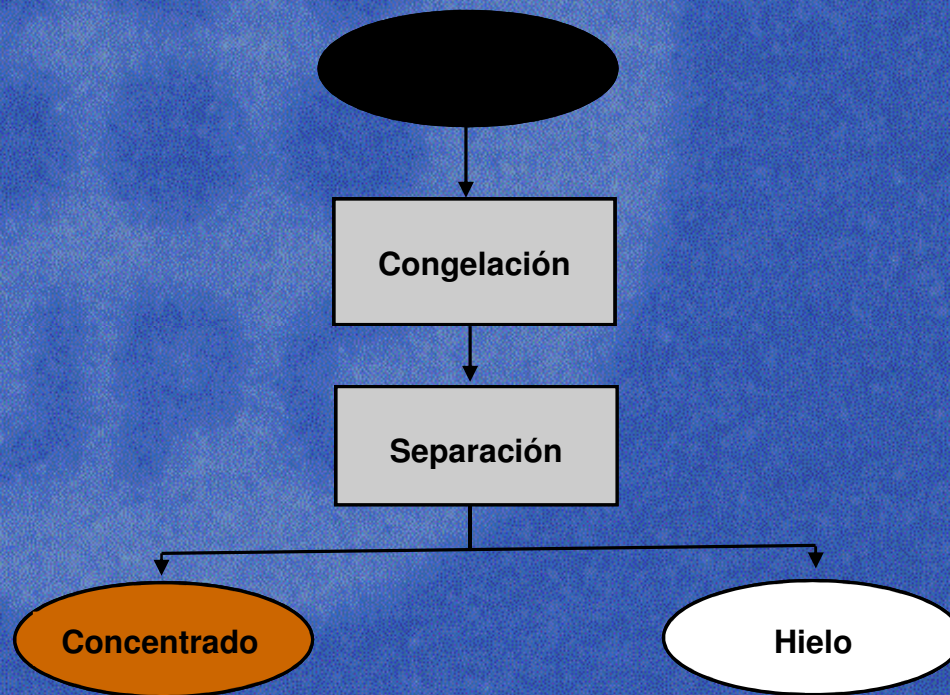


Diagrama de flujo de crioconcentración. (Berk, 2009)

### VENTAJAS:

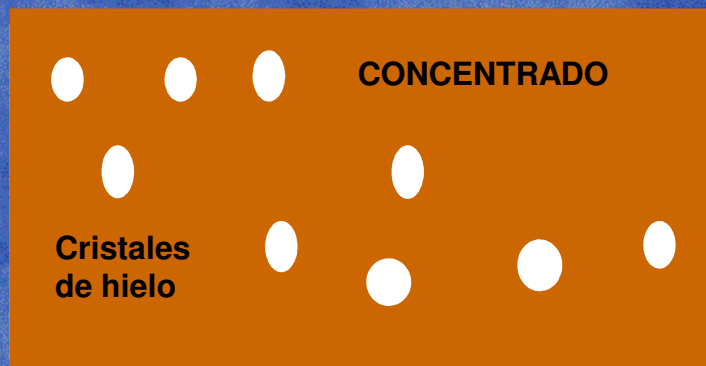
- Aumenta su vida útil.
- Disminuye los costos de transporte y almacenamiento.
- No provoca daños térmicos severos ni perjudica las propiedades sensoriales y nutricionales de los alimentos.



## Dos métodos de concentración por congelación

### En suspensión

(Huige and Thijssen, 1972; Hartel and Espinel, 1993)



### En capa sobre una superficie fría

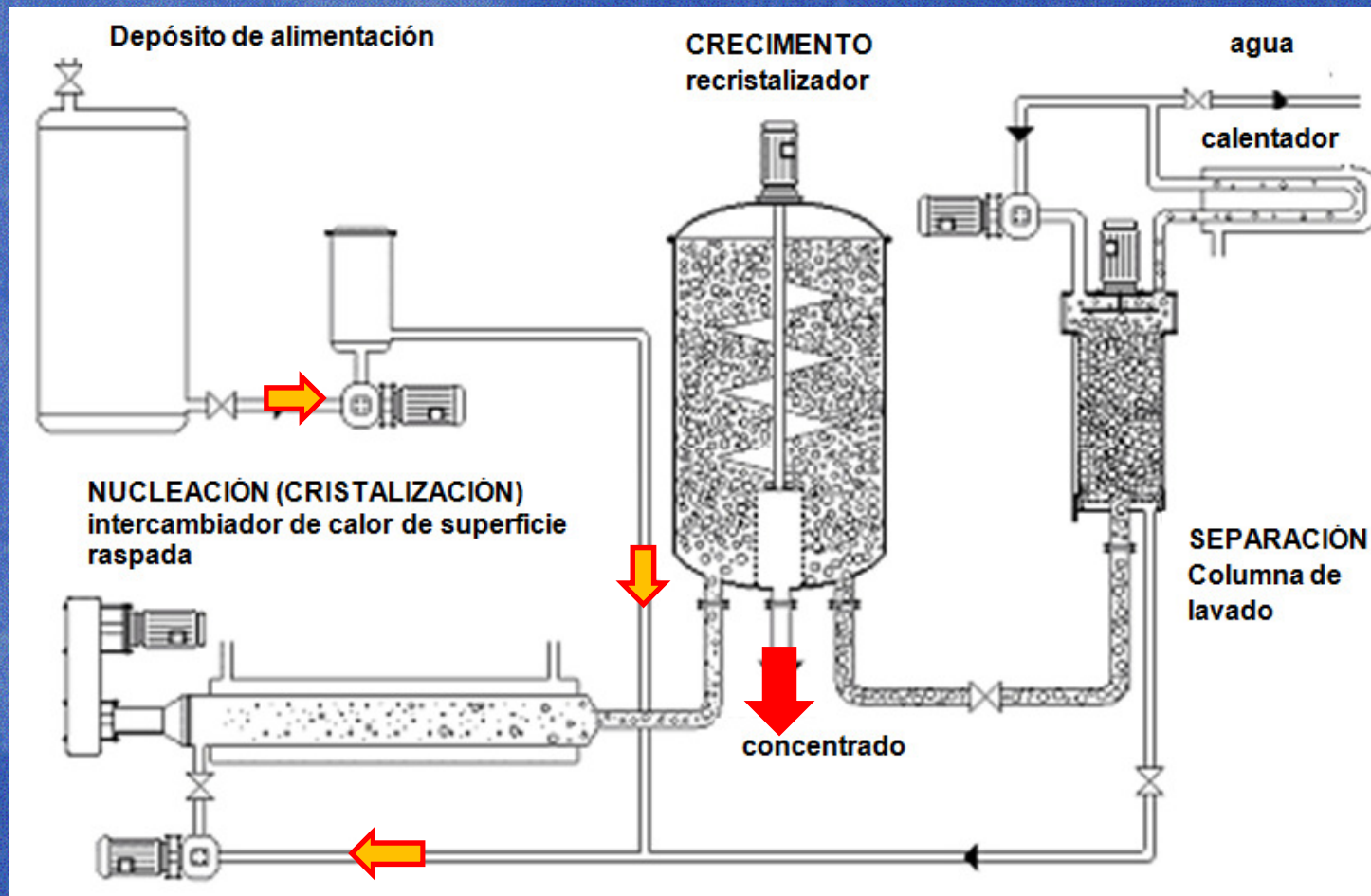
(Müller and Sekoulov, 1992; Flesland 1995)





# Aplicación industrial del sistema de crioconcentración en suspensión

(Niro Process Technology)

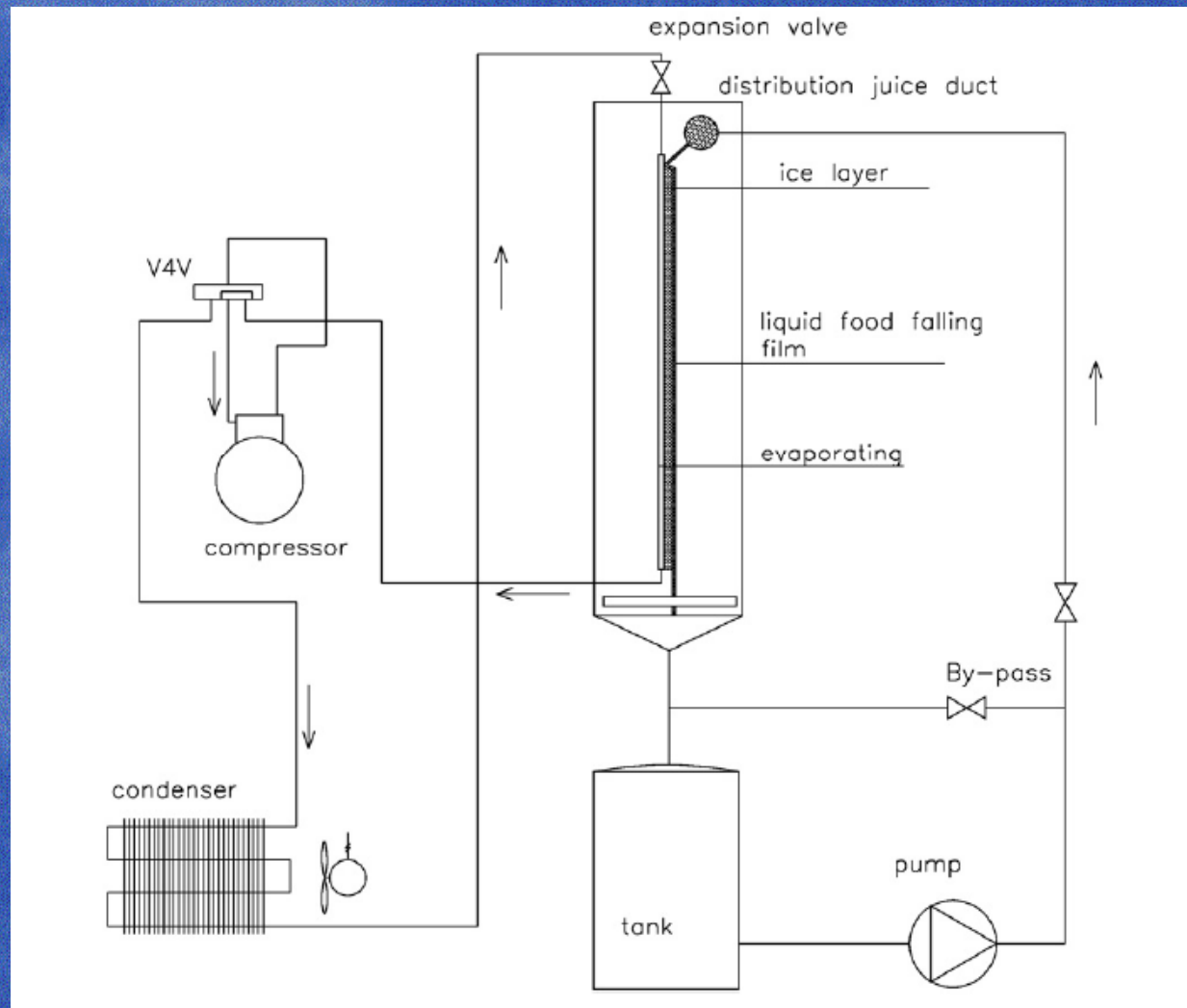


**Ventaja:** Los cristales de hielo tienen elevada pureza

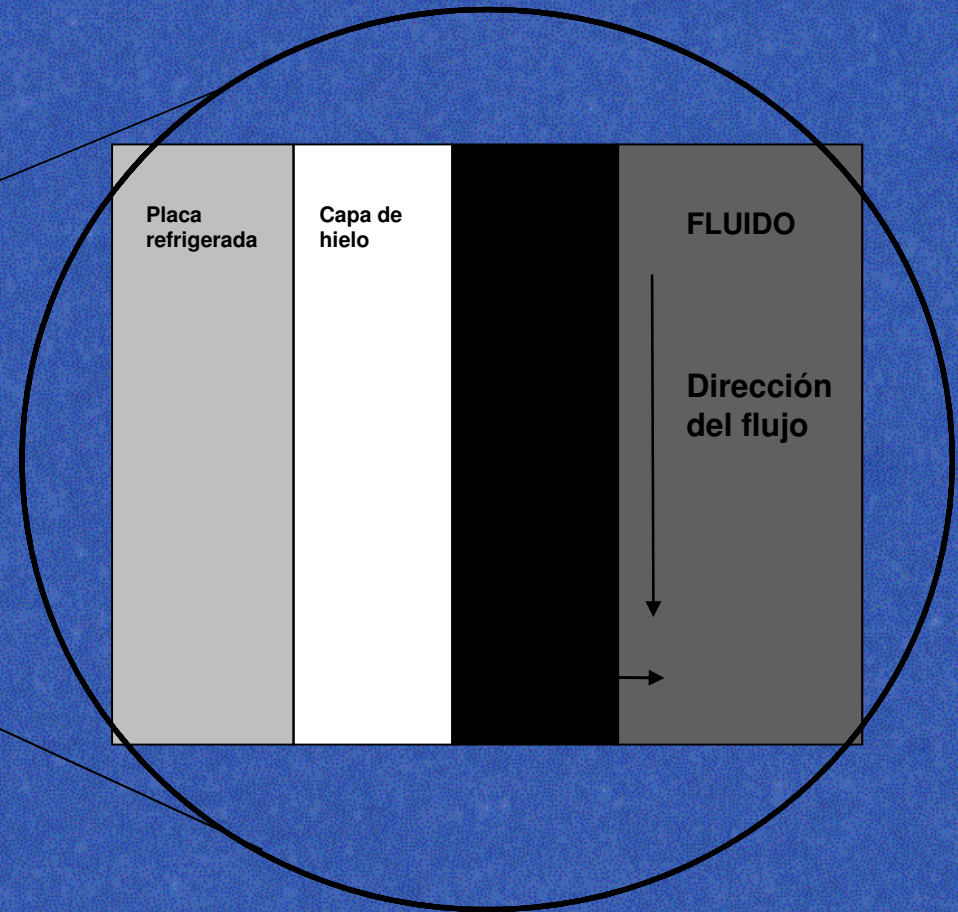
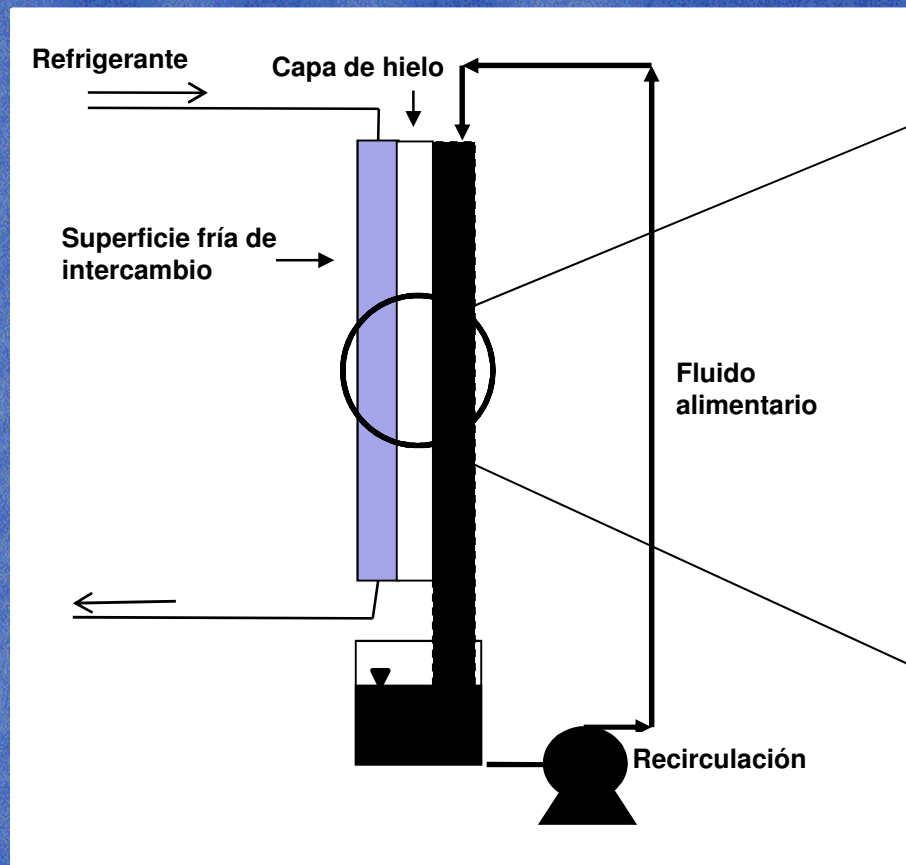
**Desventaja:** Elevada inversión inicial.



## Esquema de funcionamiento del crioconcentrador de placas



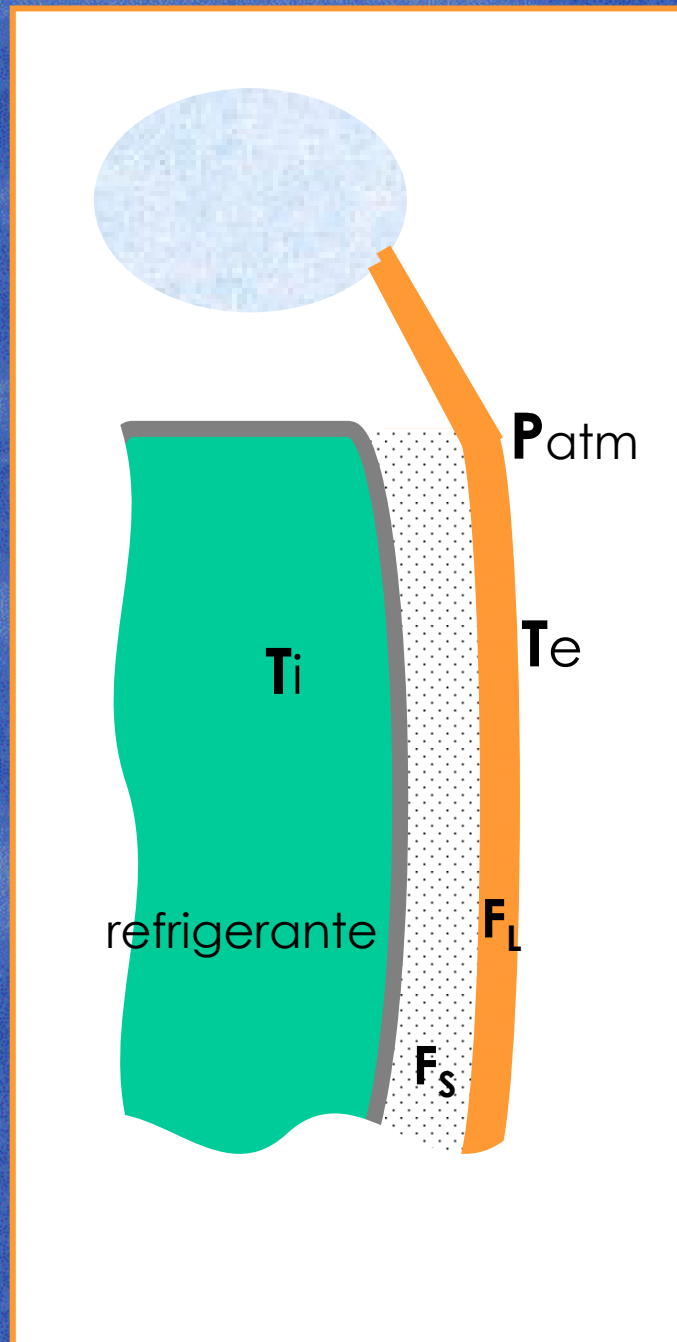




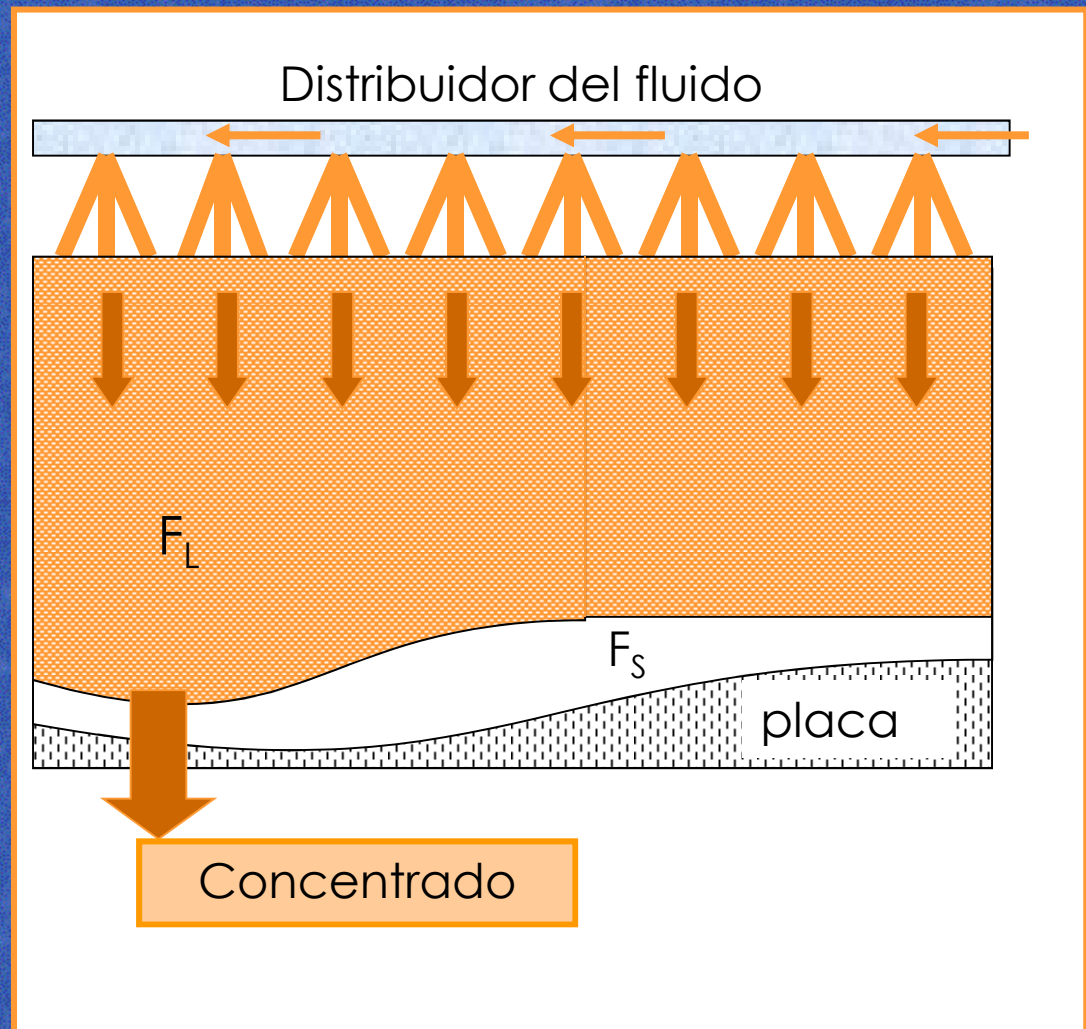
### En la interfase:

- Migración de moléculas de agua a la fase sólida
- Incremento de la concentración.
- Aumento de la viscosidad (impedimentos cinéticos a la cristalización)
- Disminución del punto de congelación (Subenfriamiento = Dendritas)





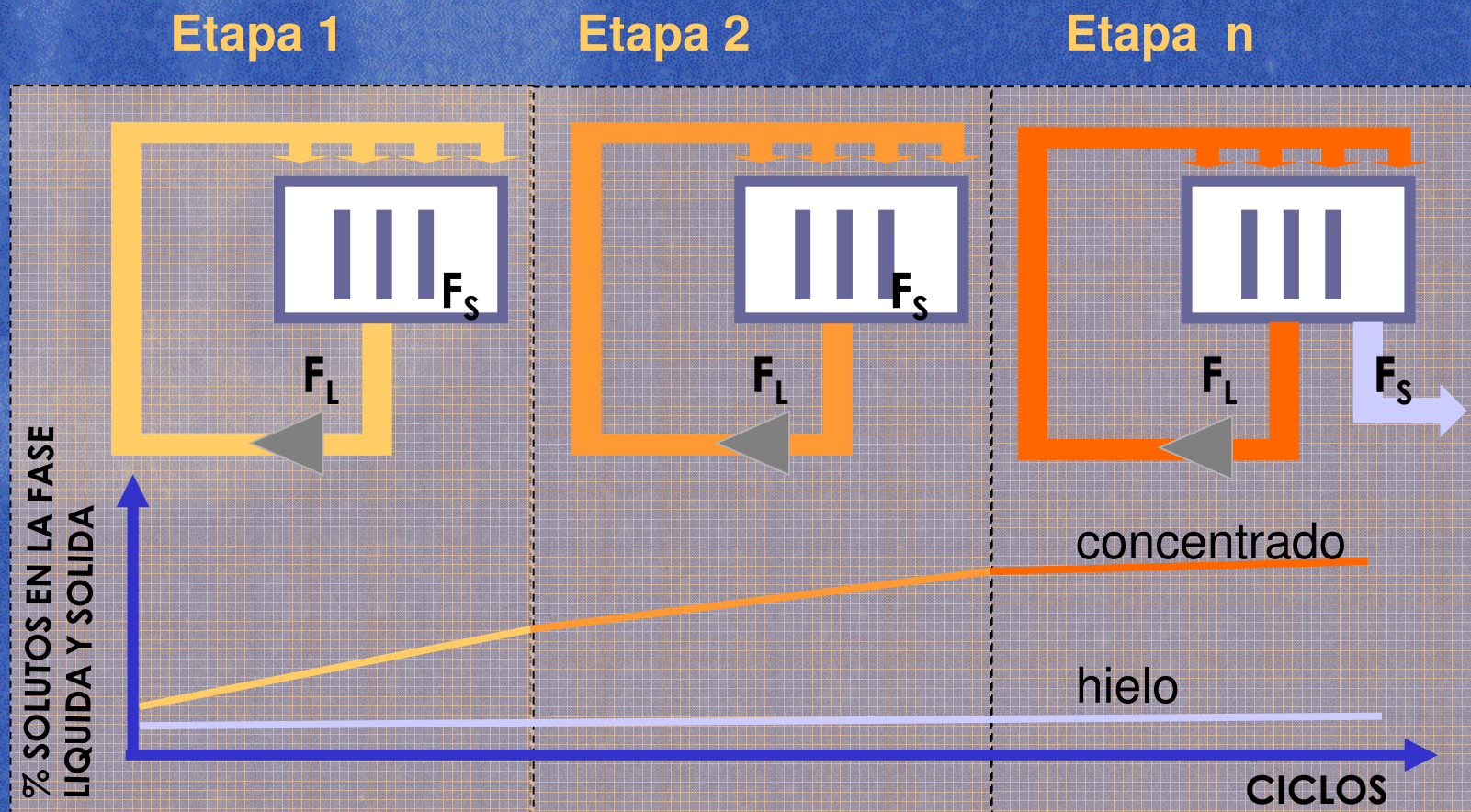
$F_L$ : Fase líquida (concentrado)  
 $F_s$ : Fase sólida (hielo)  
 $T_i$ : Temperatura refrigerante  
 $T_e$ : Temperatura fluido recirculado





# Evolución del proceso

Concentración del fluido a medida que se incrementa la capa de hielo sobre la placa





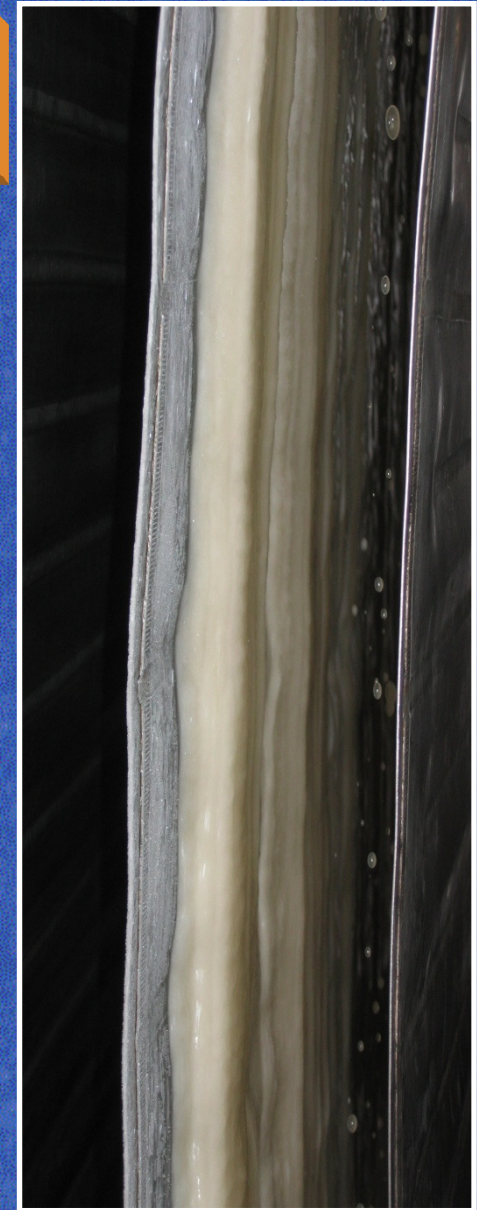
# Equipo de crioconcentración





## PROCESO EXPERIMENTAL

1. Se realizaron 4 etapas de crioconcentración, la duración de cada etapa se condicionó al mantenimiento de un caudal con variaciones limitadas al intervalo 1 0,2 l/s.
2. Cada hora: Mediciones de concentración ( Brix) del zumo de naranja recirculado, de la temperatura y del caudal del fluido en el sistema.
3. Al final de cada etapa se cuantificó el peso y la concentración final del hielo separado de cada placa .





## PARAMETROS ESTUDIADOS

$$\text{Ratio de impureza (\%)} = \frac{C_H}{C_{FS}} 100$$

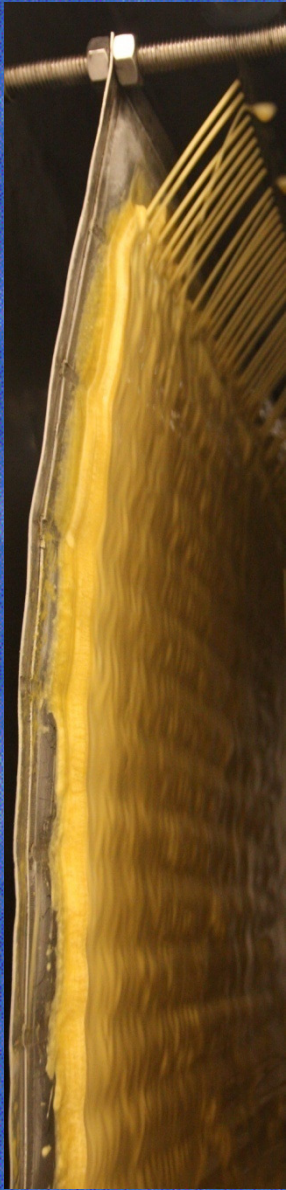
$$\text{Eficiencia(\%)} = \frac{C_{FS} - C_H}{C_{FS}} 100$$

Productividad de hielo

$$\overline{m}_u = \frac{M}{A \cdot t}$$



**Detalles del zumo sobre la placa refrigerada y del hielo obtenido en una etapa.**



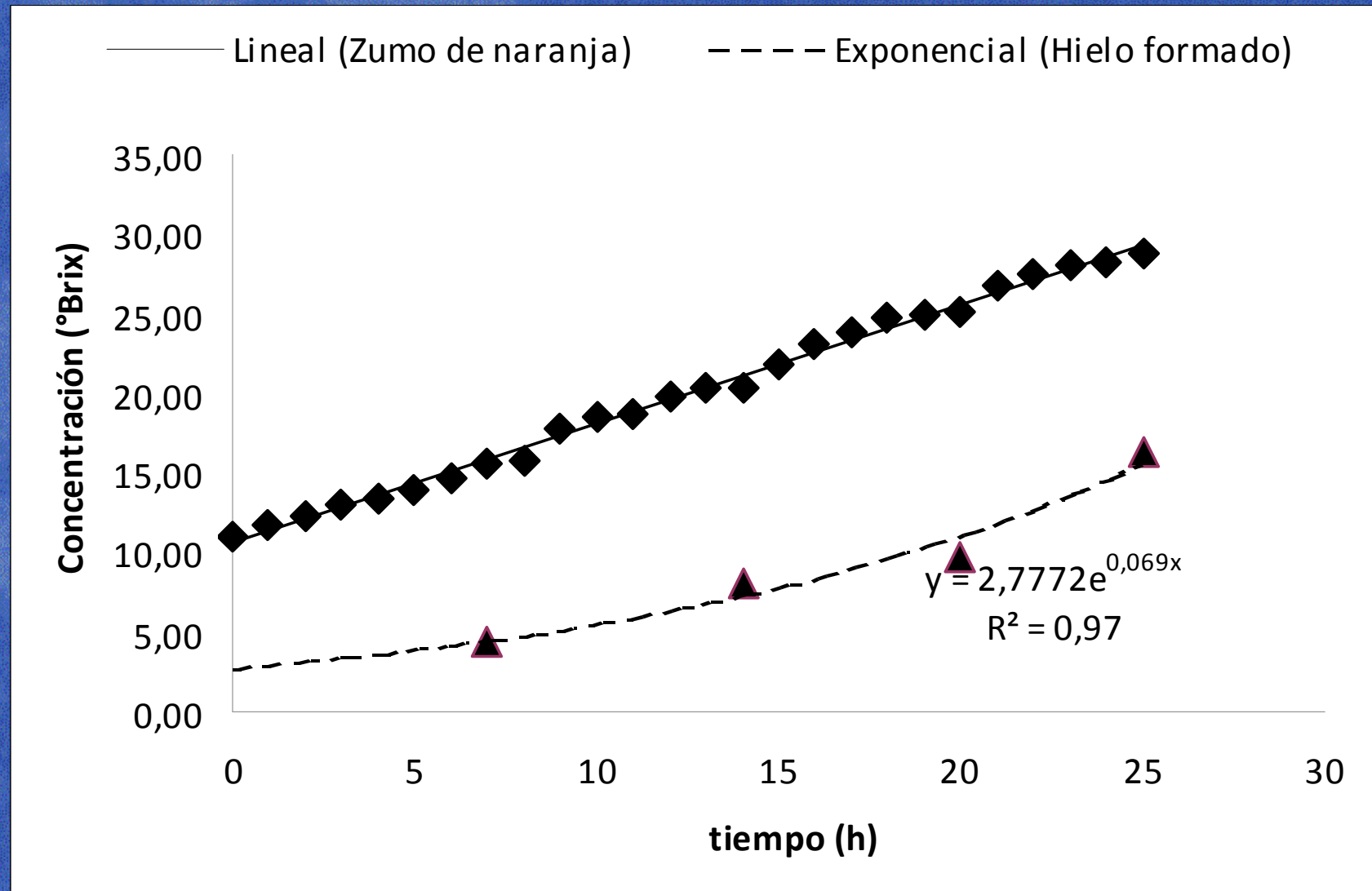






## RESULTADOS

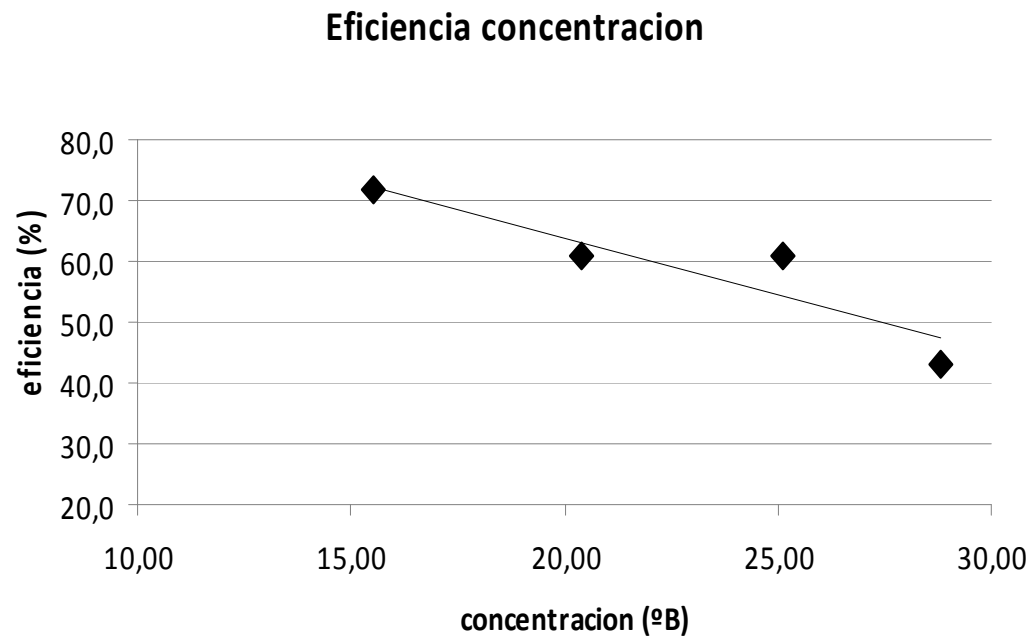
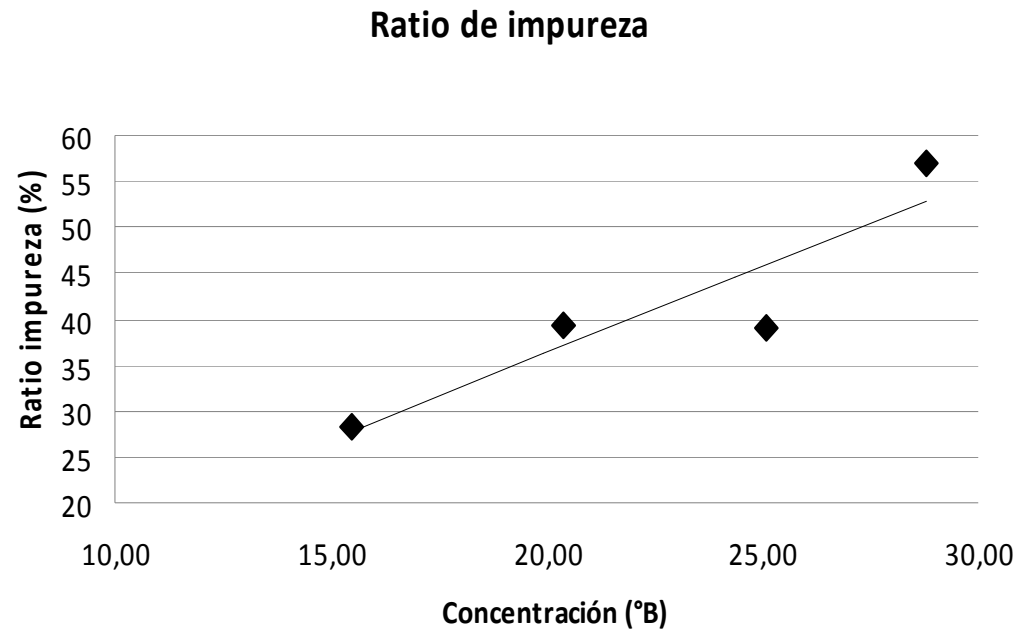
1. Variación en el tiempo del contenido en sólidos solubles medidos como °Brix en el zumo de naranja y en el hielo formado.





# RESULTADOS

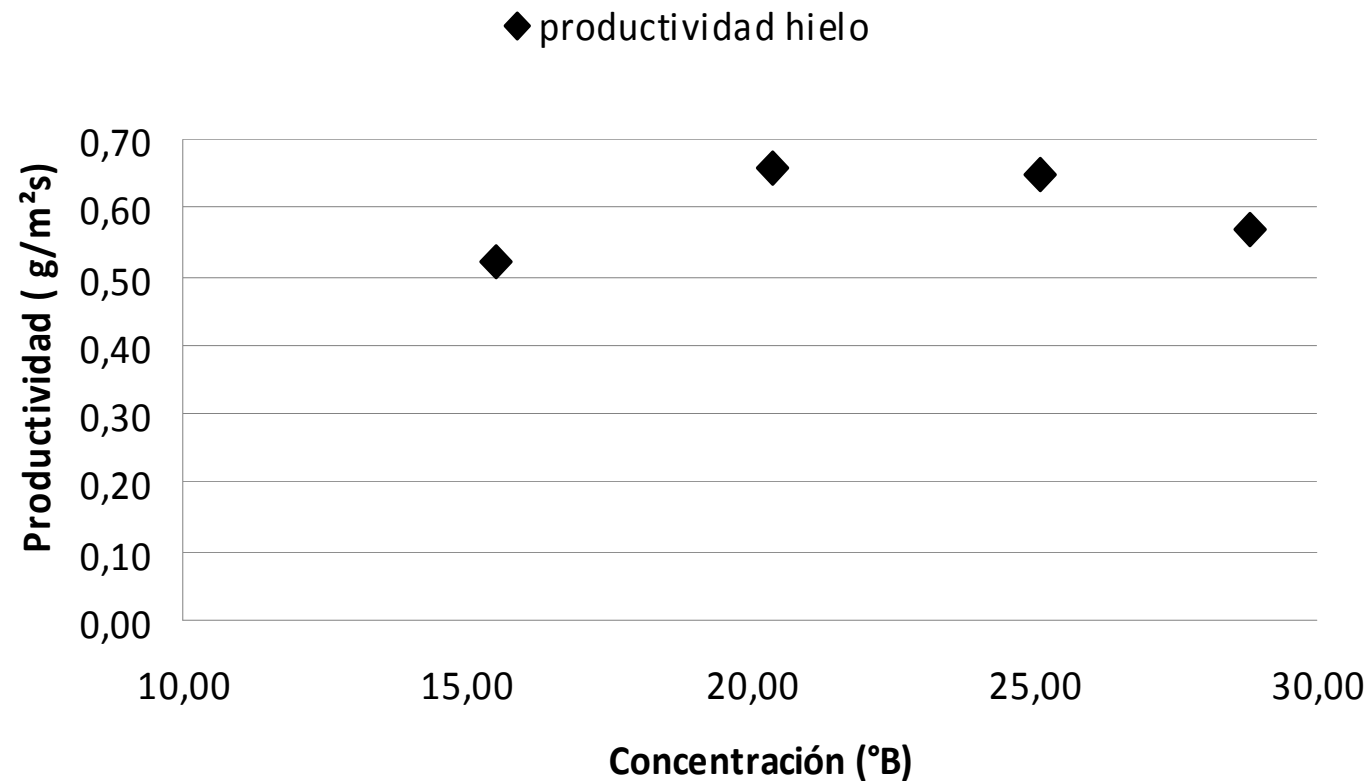
Ratio de impureza relativa y eficiencia de la concentración





## RESULTADOS

### Productividad de hielo



### Estimación del consumo energético

***Promedio: 1,5 kwh/kg (11 a 28,8 °Brix zumo de naranja)***

***Planta Piloto Niro: 1,8 kwh/kg (12 a 48 °Brix zumo citricos)***



## Descongelación hielo





## CONCLUSIONES

- Se obtiene una concentración final para el zumo de naranja de 28,8 Brix muy similar a la obtenida para soluciones azucaradas de glucosa, fructosa y sacarosa ensayadas en este equipo: 27.5 Brix, 26.6 Brix y 31.2 Brix respectivamente, con una velocidad media de concentración de 0.71 Brix/hora.
- El incremento de la concentración de solutos medido como °Brix en el zumo de naranja sigue una tendencia lineal.
- La inclusión de solutos en el hielo formado sigue una tendencia exponencial aumentando a medida que aumenta la concentración de la fase líquida.



**MUCHAS  
GRACIAS...!!**